ID: 37094
Volume 1, № 2
December 2023

MIS SANOATI CHIQINDILAR TARKIBIDAN METALLARNI AJRATIB OLISHNI TADQIQ QILISH






Tolibov Behzod Ibrohim o'g'li
Professor, O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Innovatsion rivojlanish agentligi Tarmoq korxonalarida innovatsion ekotizimni rivojlantirish boshqarmasi bosh mutaxassisi,
E-mail: intelekt16@gmail.com

Axmedov Madat Sevdiyor o'g'li
Doktorant, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
E-mail: axmedovmadat5555@gmail.com

Azimov Oybek Axmadovich
Dotsent, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
E-mail: azimov.nggtu@gmail.com

Yuldoshov Sarvar Mavlon o'g'li
Assistent, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
E-mail: Sarvarbek5775@gmail.com

Annotatsiya. *Bugungi kunda OKMK ning mis eritish zavodi yiliga taxminan 155 ming tonna mis ishlab chiqarmoqda. Asosan mis shlaki mis eritish jarayonida hosil bo'lib uning tarkibida nafaqat Cu, Fe, Zn, Co va Ni kabi qimmatbaho metallar, balki ko'p miqdorda xavfli elementlarni o'z ichiga olgan muhim ikkilamchi resursdir. Hisob kitoblarga qaraganda 1 tonna mis ishlab chiqarish uchun 3-4 tonna shlak hosil bo'ladi, shundan kelib chiqib aytish mumkinki yiliga 450-600 ming tonna shlak to'planib kelmoqda. Bu ko'rsatkich katta yer maydonni egallab qolmay balki ekologiyaga ham anchagina zarar yetkazib kelmoqda.*

Kalit so'zlar: *mis shlaki, maydalash, yanchish, tanlab eritish, sulfat kislata, magnit fraksiya, magnitsiz fraksiya, tiklash.*

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ МЕТАЛЛОВ ИЗ ОТХОДОВ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Толибов Бехзод Иброхим угли
Профессор, Должность главного специалиста отдела развития инновационной экосистемы сетевых предприятий Агентства инновационного развития при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан,
Электронная почта: intelekt16@gmail.com

Ахмедов Мадат Севдиёр угли
Докторант, Навоийский государственный горно-технологический университет,
Электронная почта: axmedovmadat5555@gmail.com

Азимов Ойбек Ахмедович
Доцент, Навоийский государственный горно-технологический университет,
Электронная почта: azimov.nggtu@gmail.com

Юлдошев Сарвар Мавлон угли
Ассистент, Навоийский государственный горно-технологический университет,
Электронная почта: Sarvarbek5775@gmail.com

Аннотация. *Сегодня медеплавильный завод АГМК производит около 155 тысяч тонн меди в год. Медный шлак образуется в основном при выплавке меди и является важным вторичным ресурсом, содержащим не только драгоценные металлы, та-*

doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.10072368

кие как Cu, Fe, Zn, Co и Ni, но и большое количество опасных элементов. По данным бухгалтерского учета на производство 1 т меди выпускается 3-4 т шлака, исходя из этого, можно сказать, что в год собирают 450-600 тыс. т шлака. Этот показатель не только занимает большую площадь суши, но и наносит значительный ущерб окружающей среде.
Ключевые слова: *медный шлак, дробление, дробление, селективная плавка, серная кислота, магнитная фракция, немагнитная фракция, восстановления.*

RESEARCH ON THE SEPARATION OF METALS FROM COPPER INDUSTRY WASTE

Tolibov Bekhzod
Professor, The position of chief specialist of the Department of Innovation Ecosystem Development in Network Enterprises of the Innovation Development Agency under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan,
E-mail: intelekt16@gmail.com

Akhmedov Madat
PhD student, Navoi State University of Mining Technologies,
E-mail: axmedovmadat5555@gmail.com

Azimov Oybek
Scientific title, Navoi State University of Mining Technologies,
E-mail: azimov.nggtu@gmail.com

Yuldoshev Sarvar
Assistant, Navoi State University of Mining Technologies,
E-mail: Sarvarbek5775@gmail.com

Abstract. *Today, the copper smelting plant of OKMK produces approximately 155,000 tons of copper per year. Copper slag is mainly formed during copper smelting and is an important secondary resource containing not only precious metals such as Cu, Fe, Zn, Co and Ni, but also a large amount of hazardous elements. According to the calculation, 3-4 tons of slag are produced for the production of 1 ton of copper, based on this, it can be said that 450-600 thousand tons of slag are collected per year. This indicator not only occupies a large area of land, but also causes considerable damage to the environment.*
Keywords: *copper slag, crushing, grinding, selective smelting, sulfuric acid, magnetic fraction, non-magnetic fraction, recovery.*

Kirish. Hozirgi vaqtda mis insonlarning kundalik hayoti uchun zarur bo‘lgan va bir vaqtning o‘zida jahon bozorlari uchun ajralmas metalldir. U odatda qurilish, elektr energiyasi, transport va boshqa sohalarda keng qamrovli ishlatiladi, natijada so‘nggi bir necha o‘n yilliklarda misga bo‘lgan talabning o‘sish tendentsiyasiga olib keldi. Butun dunyo bo‘ylab mis ishlab chiqarish samaradorligi tez sur’atlar bilan o‘sdi va 2021 yilda 29,65 million tonnani tashkil etdi. Hozirgi vaqtda jahon mis mahsulotlarining 80 % dan ortig‘i mis sulfidi kontsentratlarini boyitish, keyinchalik pirometallurgiya jarayoni orqali qayta ishlash orqali ajratib olinadi. Hozirgi vaqtda so‘nggi bir necha o‘n yilliklarda mis shlaklarini boshqarishda erishilgan yutuqlarga qaramay, metallurgiyani qayta ishlash va mis shlaklarini keyingi tozalash hali ham keng yo‘lga qo‘yilmagan. Maqolaning asosiy maqsadi mis shlaklarini qayta ishlash va keyingi tozalash uchun mavjud bo‘lgan metallurgiya jarayonlarini tanqidiy ko‘rib chiqishdir.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Sulfidli mis kontsentratlarini metallurgik pechlarda qayta ishlangan vaqti ekzotermik reaksiyalar natijasida mahsulot 2 ta fazaga ajraladi ya’ni

doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.10072368

shteyn va shlak, foydali komponentlarning asosiy qismi shteyn fazasida oʻtsada maʼlum miqdorda metallar shlak fazasi qolib ketadi. Bir tonna mis mahsulotini qayta ishlaganda qoldiq mahsulot sifatida taxminan 2-3 tonna mis shlak hosil boʻladi [1]. Har yili dunyo boʻylab shlakning hosil boʻlishi qariyb 70 million tonnaga yetadi. Mis shlaklarining katta qismi odatda shlakni yoʻq qilish uchun maxsus joyda tashlanadi, yaʼni bunday katta miqdordagi shlakni toʻkish yoki yoʻq qilish uchun juda katta hajmda joy kerak boʻladi. Bundan tashqari, himoyalanmagan shlaklar osongina ekologik xavf tugʻdiradi, chunki ular tarkibida ekologiya uchun xavfli boʻlgan elementlarning yuqori konsentratsiyasini oʻz ichiga oladi [2].

Bir soʻz bilan aytganda, mis shlakini toʻkish uchun mavjud boʻshliqlar kamayishi va atrof-muhitga oid cheklovlar tobora kuchayib borayotganligi sababli, mis eritish sanoati qoldiq shlak bilan ishlashda katta qiyinchiliklarga duch kelmoqda. Chiqindilarni boshqarishning amaldagi tamoyillariga koʻra, mis shlaklarini tashlab yuborish yoʻli bilan utilizatsiya qilish eng kam qulay tanlov resurs hisoblanadi, chunki shlakda odatda Cu, Fe, Zn, Pb, Co va Ni kabi bir yoki bir nechta qimmatli elementlar mavjud. Asosan, mis shlakida Fe va Cu 30-45% va 0,5-1,2% oraligʻida mavjud boʻlib, ularning miqdori temir (>27%) va mis (>0,4%) rudalaridan yuqori. Shu bilan birga, mis eritish shlakidan Cu dan foydalanish nisbati ogʻirligi 12% dan past, Fe esa 1 ogʻirlik% dan past. Soʻnggi oʻn yilliklarda yuqori navli Fe va Cu rudalarining kamayishi, shuningdek, ularning resurslariga talabning ortib borishi mis shlakidan Fe va Cu ajratib olishning foydali usullarini ishlab chiqishga koʻproq eʼtibor qaratildi [4]. Bundan tashqari, takomillashtirilgan texnologiya orqali shlakda mavjud Zn, Pb, Ni va Co ni bir vaqtning oʻzida tiklashi mumkin.

Natijalar. Mish shlakining kimyoviy tarkibi va tuzilishi oʻrganildan soʻng, tadqiqotning asosiy vazifasi hisoblangan shlak tarkibidan Fe va Cu ni ajratib olish boʻlganligi sababli har bir metall alohida oʻrganildi va qaysi minerallar bilan uchraganini aniqlash maqsadida shlakni mikro tuzilishi koʻrib chiqildi.

1-jadval

Olmaliq kon metallurgiya kombinatining mis shlakining kimyoviy tarkibi

	Kimyoviy tarkib %								
Elementlar	Fe	Cu	SiO_2	Zn	Pb	Al_2O_3	CaO	MgO	boshq
Miqdori %	34-44	0,6-1,3	31-37	1,2	0,9	6 - 8	4-7	2-4	2

hisoblanadi.

Soʻnggi tadqiqotlar shuni koʻrsatadiki chiqarilgan mis shlaklarining potentsial iqtisodiy koʻrsatkichlari va atrof-muhitga taʼsirini hisobga olgan holda, uni yoʻq qilish emas, balki qayta ishlatish orqali barqaror foydalanishga qaratilgan [3].

Yuqorida aytib oʻtilgandek, oʻzida foydali komponentlarni saqlagan ikkilamchi

Dastlab mis shlaklari tarkibida temirning miqdori yuqori sababli, uni ajratib olish uchun boyitish usuli tanlab olindi. Magnit separatsiya qilish orqali ikki xil mahsulot olindi (magnitli va magnitsiz fraksiya) magnitli fraksiya tarkibi asason FeO, Fe_3O_4, Fe_2O_3 va Fe_2SiO_4.

Fayalit (Fe_2SiO_4) murakkab birikma hisoblanib uning tarkibidagi Fe ni toʻgʻri-

doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.10072368

ID: 37094
Volume 1, № 2
December 2023

dan-to‘g‘ri CO tiklash bilan samaradorlikka erishib bo‘lmaydi. Kaltsiy oksidi CaO bilan fayalit yaxshi birikib, $CaSiO_3$ hosil qilishi va fayalit tarkibidagi FeO ni tezda almashtirishi mumkinligi aniqlandi, natijada shlakdagi erkin FeO faolligi oshadrildi.

$CaO + 2FeO \cdot SiO_2 \rightarrow CaO \cdot SiO_2 + 2FeO$ (1)

$FeO + Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4$ (2)

Yuqoridagi reaksiya oqib o‘tgandan so‘ng FeO (gematit, magnetit va vyustit) lari hosil bo‘ladi. FeO lari C bilan reaksiyaga kirishib Fe holatigacha qaytariladi. Temirning oksidlardan tiklanishi quydagi sxema bo‘yicha yuqori oksidlardan past oksidlarga tomon bosqichma bosqich o‘tish yo‘li bilan amalga oshadi.

$Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$

Bunda Fe-O diagrammaga muvofiq, sistemada nafaqat past oksidlar va metallar, qattiq eritma ham xosil bo‘ladi. Quyda temir oksidlarining gaz xolidagi tiklovchilar bilan tiklanish reaktsiyalari keltirilgan:

$3Fe_2O_3 + CO = 2 Fe_3O_4 + CO_2$ 3.

$Fe_3O_4 + CO = 3FeO+ CO_2$ 4.

$FeO+CO=Fe+CO_2$ 5.

$CaCO_3=CaO+CO_2$ 6.

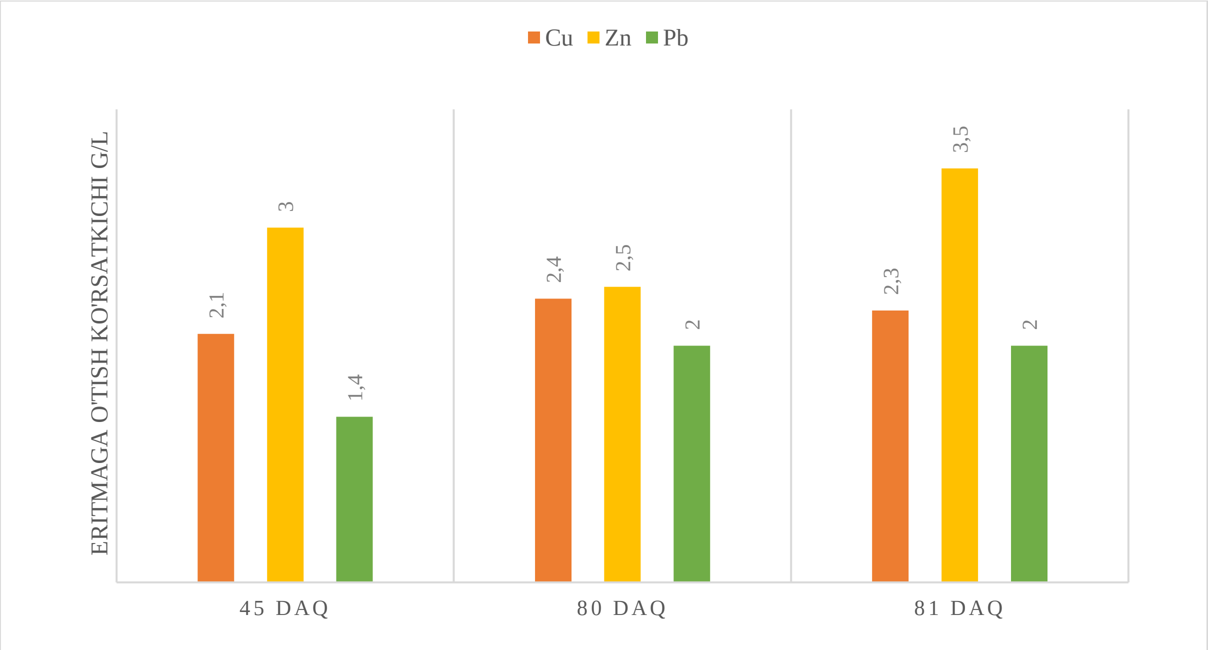
$CaO+SiO_2=CaSiO_3$ 7.

Fe+C cho‘yan 8.

$2C+O_2=2CO$ 9.

$C+O_2=CO_2$ 10.

Misni ajratib olish bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlar. Tadqiqotni o‘tkazish maqsadida 200 gr OKMK ning mis shlaki olindi. Dastlabki mahsulotni maydalash va yanchishdan so‘ng uni magnit separatsiya qilish orqali 2 xil mahsulot olindi yani magnitli (53 gr) va magnitsiz (147 gr) fraksiyalar. Magnitsiz fraksiyaning o‘g‘irligi 147 gr, shu mahsulot tarkibida Cu va kam miqdorda bo‘lsada Zn, Pb, Au va Ag bor,



1-grafik. № 1 Misni eritmaga o‘tishi

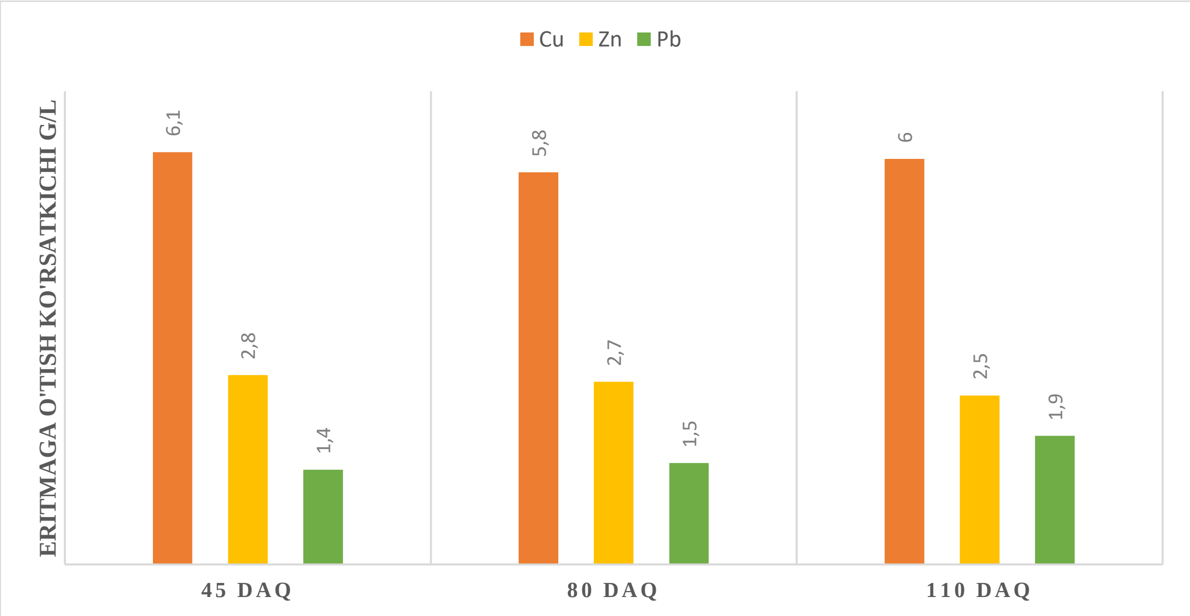
Diagrammada metallarni eritmaga o‘tishi ko‘rsatilgan bo‘lib, harorat 40-45°C oralig‘ida olib borildi. Jarayon yakuniga yetgandan so‘ng biroz tindirildi va filtrlash jarayoni qo‘llanib ikki xil mahsulot olindi (eritma va qoldiq).

doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.10072368

ID: 37094
Volume 1, № 2
December 2023

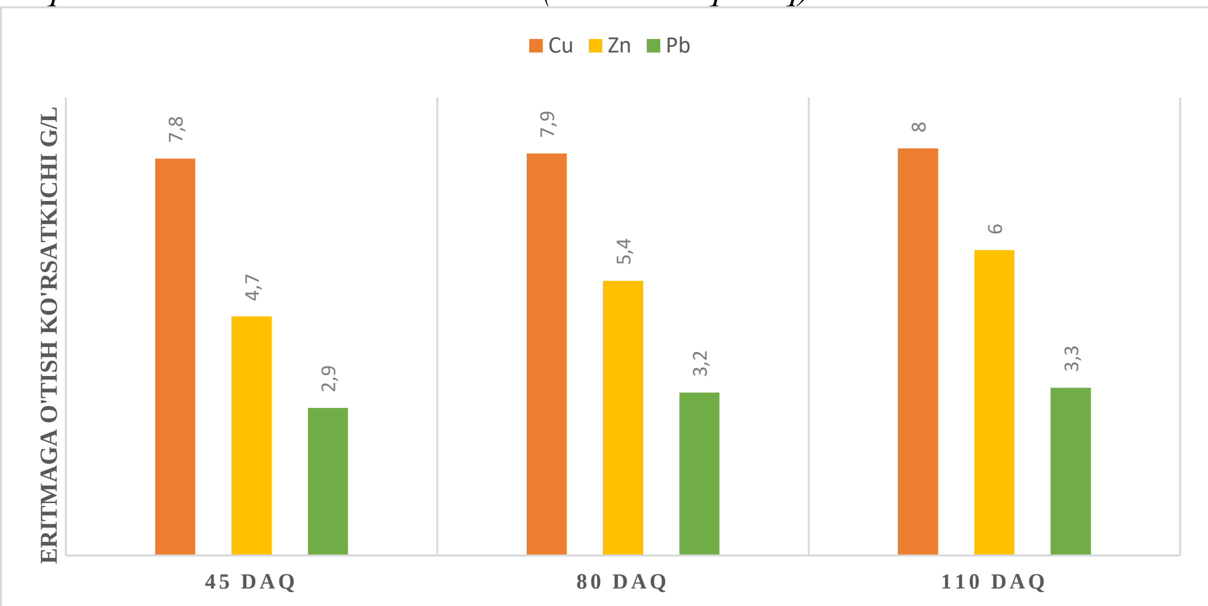
Og‘ir rangli metallarni shlak tarkibidan ajratib olish maqsadida H_2SO_4 dan foydalanildi. Tanlab eritish orqali 2 xil mahsulot olindi eritma va qoldiq.

Laboratoriya tadqiqotlari uchun OKMK mis shlaki olindi, bu shlak 3 ta namunalarga bo‘lindi, har bir namuna turli xil vaqt, harorat va kislota konsentratsiyasi



2-grafik. № 2 Misni eritmaga o‘tishi

Diagrammada metallarni eritmaga o‘tishi ko‘rsatilgan bo‘lib, harorat 55-60°C oralig‘ida olib borildi. Jarayon yakuniga yetgandan so‘ng biroz tindirildi va filtrlash jarayoni qo‘llanib ikki xil mahsulot olindi (eritma va qoldiq).



3-grafik. № 3 Misni eritmaga o‘tishi

Diagrammada metallarni eritmaga o‘tishi ko‘rsatilgan bo‘lib, harorat 75-80°C oralig‘ida olib borildi. Jarayon yakuniga yetgandan so‘ng biroz tindirildi va filtrlash jarayoni qo‘llanib ikki xil mahsulot olindi (eritma va qoldiq).

doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.10072368

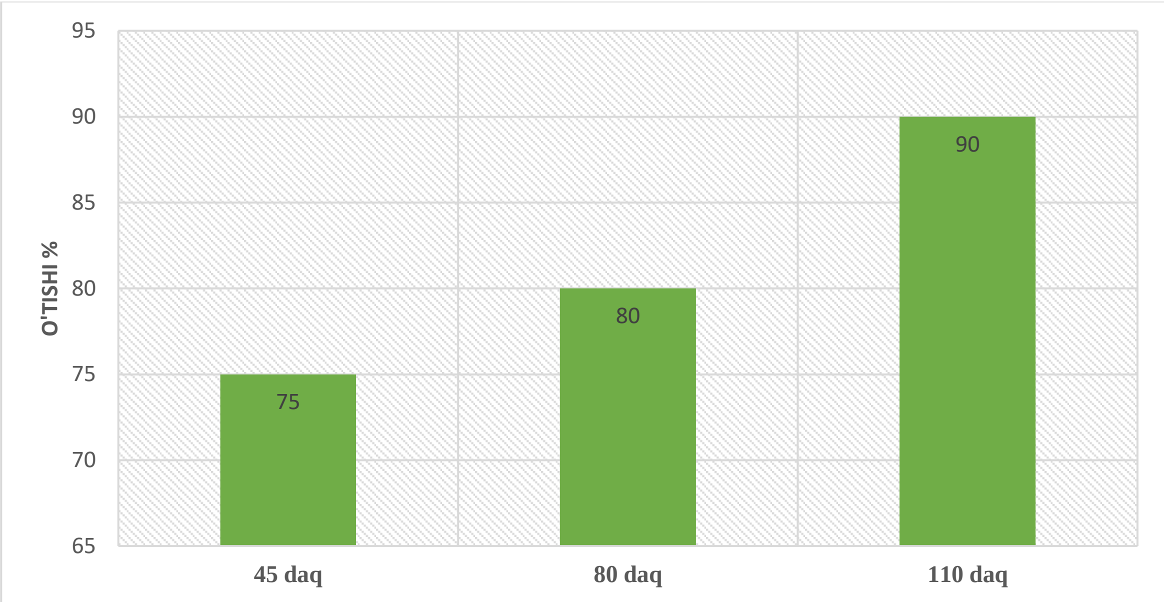
qo‘llanildi. Tanlab eritish sifatida H_2SO_4 tanlab olindi. (147 gr q:s = 1:5)

Namuna № 1: tanlab eritish, vaqt 45 daq, H_2SO_4 73 g/l, Harorat 40-45°C

Namuna № 2: tanlab eritish, vaqt 80 daq, H_2SO_4 76 g/l, Harorat 55-60°C

Namuna № 3: tanlab eritish, vaqt 110 daq, H_2SO_4 80 g/l, Harorat 75-80°C

Muhokama. Yuqorida taklif etilayotgan texnologik sxema quydagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi.Dastlab ruda o‘lchamini kichraytirish uchun unga mexanik kuch



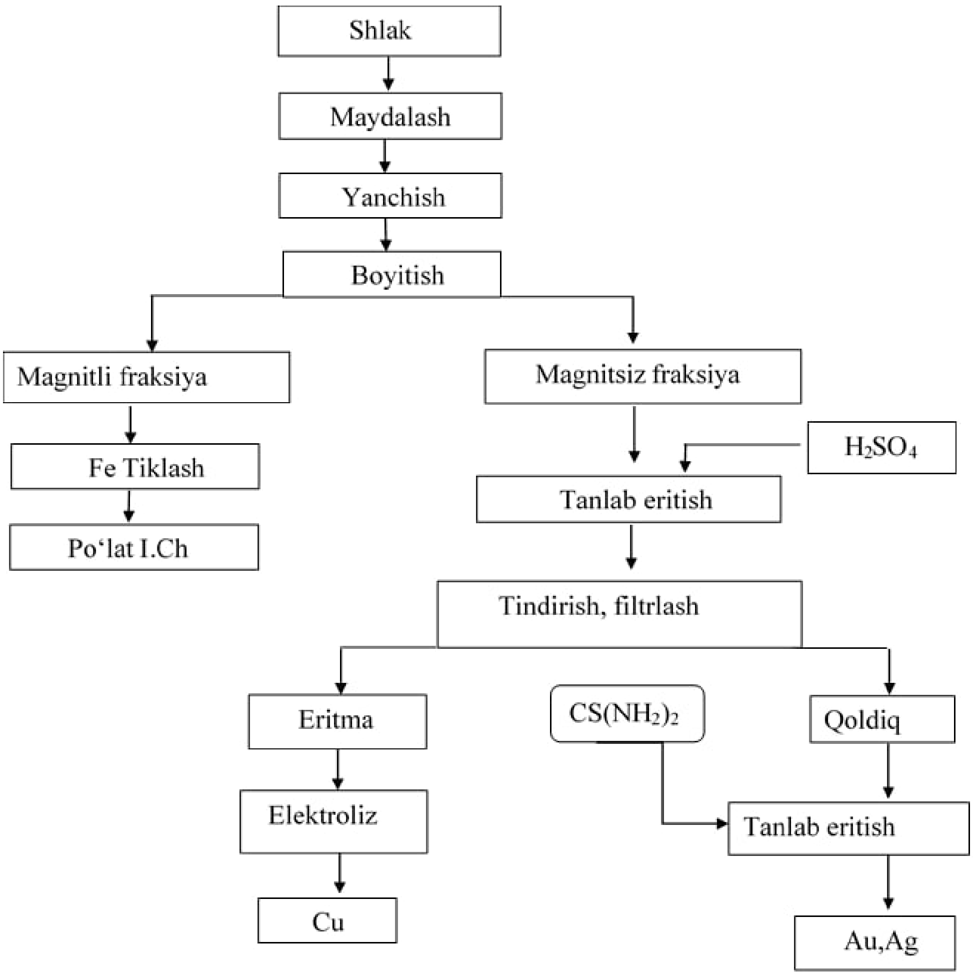
4-grafik. Misni eritmaga o‘tish ko‘rsatkichi

Cu uchun boyitish ko‘rsatkichlari.		
1	V = 750 ml m_{cu} = 0,5 * 4 = 2 Dastlabki rudadagi Cu ni miqdorini topamiz.	$\varepsilon = \frac{\beta}{m} = \frac{2}{2.2} * 100 = 91\ \%$
	m_{cu} = Q * β / 100 = 200 * 1,1 / 100 = 2,2	
	α = 1,1; β = 8 g/l	
2	$\gamma_b = \frac{\mathrm{C}}{Q} \cdot 100, \%$	$\gamma_b = \frac{147}{200} \cdot 100 = 73{,}5$
3	$\gamma_{ch} = \frac{\mathrm{T}}{Q} \cdot 100, \%$	$\gamma_{ch} = \frac{53}{200} \cdot 100 = 26{,}5$
4	$\gamma_b = \frac{\mathrm{C}}{Q} \cdot 100 = \frac{\alpha - \theta}{\beta - \theta} \cdot 100, \%$	$\gamma_b = \frac{\mathrm{C}}{Q} \cdot 100 = \frac{1{,}1 - 0{,}1}{8 - 0{,}1} \cdot 100 = 12{,}6\%$
5	$\gamma_{ch} = \frac{T}{Q} \cdot 100 = \frac{\beta - \alpha}{\beta - \theta} \cdot 100, \%$x	$\gamma_{ch} = \frac{T}{Q} \cdot 100 = \frac{8 - 1{,}1}{8 - 0{,}1} \cdot 100 = 87{,}3\%$
6	$\varepsilon_b = \frac{\gamma_b \cdot \beta}{\alpha}$	$\varepsilon_b = \frac{12{,}6 \cdot 8}{1{,}1} = 91{,}6\%$

doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.10072368

ta’sir ettirilib uning o‘lchami kichraytirildi, maydalash jarayoni ikki bosqichda maydalandi. Maydalash jarayoni o‘z nihoyasiga yetgandan so‘ng mahsulot yanchish jarayoniga yuborildi. Keyingi jarayon mis shlakni sinflarga ajratish hisoblanib hisob kitoblarga asoslanib yanchish jarayonidan chiqgan mahsulotimizi o‘lchamini - 0.125 mm qilib belgilab olingan. Tayyorlash jarayonlari tugagandan so‘ng boyitish jarayonini qo‘llanildi. Mahsulot magnet separatorlar orqali ikki yani magnitli va magnitsiz fraksiyalarga ajraldi. Magnitli fraksiya eritish jarayoni 2 soat davom etgandan so‘ng mahsulot ichidagi foydali komponentlar eritma tarkibiga o‘tdi. Tanlab eritish o‘z nihoyasiga yetgandan so‘ng tindirgichlar yordamiga eritma tindirib olindi. Eritma tarkibidan Cu ni ajratib olish uchun mahsulot elektroliz jarayoniga yuborildi. Filtrlash orqali eritma va qoldiq ajralgani va eritmani elektrolizga yuborilgani aytib o‘tildi, qoldiq tarkibida Au va Ag borligini inobatga olgan holda uni maxsus qayta ishlashga yuborib kekni tarkibidan nodir metallarni ajratib olish ishlari ko‘rsatilan.

Xulosa. Tarkibida yuqori darajada te-



5-grafik. Mis shlaklaridan mis, temir va qimmatbaho metallar ajratib olishning texnologik sxemasi

tiklash jarayoniga yuborildi, magnitsiz fraksiya esa tanlab eritish jarayoniga, tanlab mir bo‘lgan mis shlakidan temirni qayta tiklashga qaratilgan ushbu tadqiqot chuqur

doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.10072368

qaytarilish va magnit usulida boyitishning kombinatsiyalangan texnologiyasini joriy qildi, temir, mis va boshqa foydali komponentlarni ajratib olish samaradorligi o‘rganib chiqildi va texnik shartlarni optimallashtirdi. Temirni tiklash jarayoniga flyus sifatida uglerodli koks kukuni ishlatilganda temir mis shlakidan muvaffaqiyatli ajratib olindi. Ushbu tadqiqotda mis shlaklarini qayta ishlash texnologiyasi yaratilgan bo‘lib uning tarkibidagi foydali komponentlarni bos-qicha-bosqich ajratib olindi. Dastlab mis shlakini tarkibi hamda fizik-kimyoviy hossalari o‘rganildi va shu bo‘yicha texnologik sxema ishlab chiqildi. Magnit separatsiya o‘z nihoyasiga yetgandan so‘ng Fe oksidlarini temir holatigacha tiklash uchun CaO va C dan foydalanib pirometallurgik jarayon qo‘llanilib amalga oshirildi. Hisob kitoblar shuni ko‘rsatdike Fe ni boyitilganlik darajasi 82% ni tashkil etib bu iqtisodiy tamondan yaxshi baxolandi. Shu bilan bir qatorda misni ajratib olish bo‘yicha o‘tkazilgan bir necha tadqiqotlardan eng samaralisi tanlanib olindi. Mis shlaklari tarkibidagi mis tanlab eritish orqali 90% eritmaga o‘tgani kuzatildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Behzod I. Tolibov, Madat S. Akhmedov, Rustam A. Hamidov, Talant T. Sirojov. Research and Development of Technology for the Extraction Copper, Iron and Other Precious Metals from Copper Slag. Journal of Pharmaceutical Negative Results Volume 13 Special Issue 8 2022 https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S08.313
2. Hongyu Tian, Zhengqi Guo, Jian Pan, Deqing Zhu, Congcong Yang, Yuxiao Xue, S iwei Li, Dingzheng Wang. Comprehensive review on metallurgical recycling and cleaning of copper slag. Resources, Conservation and RecyclingVolume 168, May 2021, 105366 https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105366
3. A.S.Hasanov, B.I.Tolibov, N.A.Akhatov. Modernization of copper manufacturing technology // International conference. Technical sciences: modern issues and development prospects. -Sheffield, UK 2013, P106-107.
4. Б.И.Толибов, А.С.Хасанов, М.Н.Нурмуродов, Т.Т.Сирожов. Переработка медных шлаков с извлечением цветных и чёрных металлов // Материалы научно-технической конференции 8-9 апреля 2016 года, г. Карши

doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.10072368